مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۳۲، شماره ۲، سال ۱۳۹۵

ارزیابی تحمل به خشکی در ژرم‌پلاسم جو (*Hordeum vulgare* L.) بومی اقلیم گرم و خشک ایران

Evaluation of Drought Tolerance in Barley (*Hordeum vulgare* L.) Germplasm from Warm and Dry Climates of Iran

شکیبا شاهمرادی[۱] و مهدی زهراوی[۲]

۱ و ۲- استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۲۲   تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۹

چکیده

شاهمرادی، ش. و زهراوی، م. ۱۳۹۵. ارزیابی تحمل به خشکی در ژرم‌پلاسم جو (*Hordeum vulgare* L.) بومی اقلیم گرم و خشک ایران. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۳۲: ۲۰۰-۱۸۱.**

تعداد ۲۷۷ مورفوتیپ از ژرم‌پلاسم جو زراعی بانک ژن گیاهی ملی ایران، متعلق به یازده استان کشور با اقلیم گرم و خشک، از نظر تحمل به خشکی مورد ارزیابی قرار گرفتند. مورفوتیپ‌ها در دو آزمایش تنش خشکی و نرمال کاشته شدند. بر اساس عملکرد دانه، شاخص‌های تحمل به تنش محاسبه شدند. بررسی آماره‌های توصیفی عملکرد در هر دو شرایط و شاخص‌های تنش نشان داد که شاخص STI دارای بزرگ‌ترین ضریب تغییرات بود. شاخص‌های GMP و STI براساس همبستگی بالا با عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش خشکی به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها شناسایی شدند و ۵۹ مورفوتیپ در گروه متحمل به خشکی قرار گرفتند که از بین آن‌ها مورفوتیپ‌های ۷۰۲۲۷ از یزد، ۶۵۰۷/۲، ۶۴۳۶ و ۶۲۵۲/۱ از بوشهر، ۷۰۰۱۳ و ۷۰۰۱۴ از کرمان، ۶۶۵۲/۲ از خوزستان، ۶۴۲۱ از خراسان و ۷۰۰۱۷ از سیستان و بلوچستان دارای مقدار شاخص STI بیشتری بودند و به عنوان مورفوتیپ‌های برتر در این تحقیق شناسایی شدند. بر اساس فاصله اقلیدسی بین منشاء مورفوتیپ مورد بررسی، مورفوتیپ‌های سیستان و بلوچستان و بوشهر، کمترین و مورفوتیپ‌های خوزستان و لرستان بیشترین شباهت را داشتند. در نمودار پراکنش منشاء مورفوتیپ‌ها، مبتنی بر مقیاس‌بندی چندبعدی، استان‌های لرستان، فارس، هرمزگان، خوزستان و مرکزی در اطراف نمودار و دورتر از سایر استان‌ها و بوشهر و اصفهان در نزدیکی مرکز نمودار واقع شدند. از آن‌جا که مورفوتیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق بومی اقلیم گرم و خشک کشور بودند، تحمل بالایی نسبت به تنش خشکی نشان دادند و تنوع ژنتیکی بالائی از این نظر در ژرم‌پلاسم وجود داشت.

واژه‌های کلیدی: جو، ذخایر توارثی، شاخص تحمل به تنش، محدودیت آب، مقیاس‌بندی چندبعدی.

نویسنده مسئول: shakibafarzan@yahoo.com   تلفن: ۰۲۶۳۲۷۰۱۲۶۰

مقدمه

جو چهارمین غله عمده دنیا، با تولید سالانه ۱۴۳/۶ میلیون تن است. سطح زیر کشت این محصول در ایران بر اساس آمارنامه سال زراعی ۹۲-۹۱، حدود ۱/۶۴ میلیون هکتار بود که ۱۸/۴ درصد از کل غلات کشور را شامل می‌شد و تولیدی معادل ۲/۸ میلیون تن معادل ۱۷/۱ درصد از کل تولید غلات را به خود اختصاص داد (Anonymous, 2012-2013). گیاه جو نسبت به سایر غلات دامنه اقلیمی وسیع‌تری دارد و در دامنه جغرافیایی گسترده‌ای از نواحی معتدل تا نیمه گرمسیری، از سطح دریا تا ارتفاع بیش از ۴۵۰۰ متر پراکنده شده است (Bothmer *et al.,* 1995). جو می‌تواند در خاک‌هایی که برای گندم نامطلوب محسوب می‌شود و در ارتفاعاتی که برای گندم و یولاف نامساعد است، رشد کند. به دلیل طبیعت متحمل جو نسبت به خشکی و شوری، این گیاه تقریبا در هر گوشه‌ای از زمین، حتی در نواحی بسیار خشک در نزدیکی صحراها، قابلیت رشد و باروری دارد. در حقیقت، جو متحمل‌ترین گیاه زراعی نسبت به خشکی و شوری بوده و به دلیل زودرسی، دیپلوئید بودن و خودگشنی، گیاه مدل مناسبی برای مطالعات ژنتیکی است (Belaid and Morris, 1991). پراکنش جغرافیایی وسیع جو، تنوع ژنتیکی گسترده‌ای را در آن سبب شده شده‌اند که در مورفوتیپ‌های بومی در سراسر کره زمین موجود است. در طی صد سال گذشته، مورفوتیپ‌های غیر یکنواخت جو در کشورهای صنعتی با لاین‌های یکنواخت جایگزین شده است. با این وصف، مورفوتیپ‌های محلی، کماکان در کشورهای حال توسعه، به ویژه در شرایط محیطی دشوار، به طور گسترده کشت می‌شوند (El Madidi *et al.,* 2005).

خشکی مهم‌ترین عامل محدود کننده عملکرد در گیاهان است. چکارلی و همکاران (Ceccarelli *et al.,* 1998) نشان دادند که مؤثرترین روش بهبود عملکرد جو برای کشت در مناطق خشک، استفاده از ژرم‌پلاسم بومی سازگار و انجام گزینش در محیط‌های هدف است. به طور کلی، در نواحی با شرایط سخت محیطی، ایجاد ارقام سازگار از طریق ارزیابی مورفوتیپ‌های محلی انجام می‌شود (Grando and Ceccarelli, 1995؛ Ceccarelli *et al.,* 1998). گزینش برای تحمل به خشکی در جو، به صورت مستقیم یا غیرمستقیم، بر مبنای توان و بنیه اولیه، طول کلئوپتیل و یا دوام سطح سبز در برنامه‌های به‌نژدی متداول، منجر به پیشرفت زیادی در بهبود و پایداری عملکرد در شرایط تنش خشکی شده است (Li *et al.,* 2007).

در ارزیابی سازگاری نسبت به تنش خشکی در نوزده اکوتیپ جو وحشی *Hordeum spontaneum* به همراه رقم جو زراعی نصرت، (Shahmoradi *et al.,* 2015)، مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک، آگرونومیک و صفات فنولوژیک، در سطوح

مختلف تنش، نشان داد که صفات روز تا ظهور سنبله، روز تا گلدهی و روز تا رسیدن، در اثر تنش خشکی کاهش معنی‌داری یافتند و از سوی دیگر صفات زراعی طول سنبله، ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیکی نیز کاهش معنی‌داری را در شرایط تنش خشکی نشان دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که حتی در شرایط رطوبتی نرمال، صفات اجزای عملکرد شامل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت، همبستگی معنی‌داری با شاخص تحمل به تنش داشتند.

کرمی و همکاران (Karami *et al.,* 2006) به منظور شناسایی ارقام متحمل به خشکی و غربال کردن شاخص‌های تحمل به تنش خشکی، تعداد ۲۶ مورفوتیپ جو را در دو شرایط دیم و آبی در شرایط مزرعه مورد آزمایش قرار دادند و سه مورفوتیپ کویر، رادیکال و سینا را به دلیل عملکرد بالای آن‌ها در شرایط دیم به عنوان بهترین مورفوتیپ‌ها معرفی کردند. در این تحقیق بر اثر تنش خشکی، صفات تعداد روز تا رسیدن، ارتفاع ساقه، طول پدانکل، تعداد برگ، عملکرد دانه در تک بوته، وزن هزار دانه و شاخص برداشت کاهش یافت. در ارزیابی تنوع ژنتیکی ۱۶ رقم جو بهاره (Soleimani *et al.,* 2012)، به منظور غربال کردن شاخص‌های مقاومت به خشکی و شناسائی ارقام مقاوم به خشکی، تحلیل همبستگی بین عملکرد در شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی و شاخص‌های مقاومت به خشکی نشان داد که شاخص تحمل تنش (STI)، میانگین هندسی عملکرد (GMP)، میانگین حسابی عملکرد(MP) و میانگین هارمونیک (HM) مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال کردن ارقام جو هستند همچنین نمودار تجزیه چند متغیرهٔ بای‌پلات نشان داد که ارقام متحمل در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مقاومت به خشکی یعنی STI، GMP، MP و HM قرار دارند.

ویسی مالامیری و همکاران (Wayssi Mallamiri *et al.,* 2010) واکنش بیست ژنوتیپ و دو رقم جو زراعی را نسبت به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی و مراحل رویشی و زایشی بررسی کردند. نتایج نشان داد که در شرایط کنترل‌شده با کاهش پتانسیل آب (از سطح شاهد تا ۰/۱ مگاپاسکال)، کلیه صفات مربوط به جوانه‌زنی به طور معنی‌داری کاهش یافتند. در مزرعه نیز اعمال تنش موجب کاهش معنی‌داری در سرعت رشد اولیه، محتوی آب نسبی برگ و آب نگهداری شده در برگ‌ها شد. واعظی و احمدی خواه (Vaezi and Ahmadikhah, 2010) دوازده مورفوتیپ اصلاح‌شده جو را در منطقه نیمه‌گرمسیر گچساران در دو شرایط آبی و دیم مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در شرایط دیم، تمامی مورفوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر تمامی خصوصیات اندازه‌گیری شده، دچار کاهش نسبی شدند. عبیری و همکاران (Abiri *et al.,* 2012) تعداد بیست مورفوتیپ

جو را در دو شرایط، تنش خشکی و بدون تنش خشکی مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها بر اساس شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین بهره‌وری هندسی (GMP)، میانگین هارمونیک (HAM) و شاخص تحمل تنش (STI)، مورفوتیپ‌های متحمل در شرایط شهرستان کرمانشاه را شناسایی کردند. دولت پناه و همکاران (Dolatpanah *et al.,* 2013) به منظور بررسی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های جو دیم در تنش خشکی و آبیاری تکمیلی و تعیین ارتباط این خصوصیات با عملکرد دانه، دوازده ژنوتیپ پیشرفته جو را در ایستگاه تحقیقاتی مراغه مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد در شرایط تنش خشکی، عملکرد دانه با صفات تعداد سنبله در واحد سطح و درصد سبز همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت و در شرایط آبیاری تکمیلی، عملکرد دانه با صفت تعداد دانه در سنبله همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفت تعداد پنجهٔ بارور همبستگی منفی و معنی‌دار داشت.

در ارزیابی واکنش ۲۵ ژنوتیپ جو زراعی در برابر خشکی و بررسی صفات مرتبط با تحمل تنش (Shahmoradi and Zahravi, 2015)، با توجه به ضرایب همبستگی، شاخص STI بهترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در گیاه جو شناخته شد. بررسی ارتباط شاخص تحمل تنش و صفات مورد ارزیابی، اهمیت فراوان صفات سطح ویژهٔ برگ پرچم، تعداد سنبلچه در سنبله، سطح برگ و تعداد روز تا گلدهی را در وضعیت تنش خشکی نشان داد. تنها صفتی که در وضعیت رطوبتی نرمال با شاخص تحمل به تنش ارتباط نزدیکی داشت، صفت وزن صددانه بود.

نتایج تحقیقات قبلی نشان داده است که مورفوتیپ‌هایی که طی سالیان متمادی با شرایط اقلیمی منطقه خود سازگار شده‌اند و در شرایط نامساعد و غیر قابل پیش‌بینی طبیعی تکامل یافته‌اند، دارای ذخایر ژنتیکی ارزشمند و سازگاری وسیعی هستند. تنوع صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در پاسخ به تنش خشکی، نمایانگر تنوع ژنتیکی در گیاه جو است. مورفوتیپ‌هایی با صفات سازگار به تنش خشکی می‌توانند به عنوان منابع ژنتیکی برای اصلاح مقاومت به خشکی مورد استفاده قرار گیرند. شاهمرادی و همکاران (Shahmoradi *et al.,* 2011) تنوع فنوتیپی ۲۷۸ مورفوتیپ جو اهلی بومی مناطق گرم و خشک از کلکسیون موجود در بانک ژن گیاهی ملی را در مزرعه موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج مورد بررسی قرار دادند. پارامترهای آمار توصیفی صفات کمی مورفوتیپ‌ها نشان‌دهنده این بود که دامنه تنوع در صفات مختلف، متفاوت است. در برخی از صفات کیفی تنوع اندکی مشاهده شد، اما اکثر صفات مورد بررسی از تنوع نسبتاً بالایی برخوردار بودند. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی واکنش این مورفوتیپ‌های جو بومی اقلیم گرم

و خشـک کشـور نسـبت بـه تـنش خشـکی و شناسایی مورفوتیپ‌های برتر جهت استفاده در برنامه‌های به‌نژادی انجام شد.

مواد و روش‌ها

در ایـن تحقیـق، تعـداد ۲۷۷ مورفوتیـپ از کلکسیون جو بومی بانک ژن گیاهی ملی ایران، برای تحمل نسبت به تنش خشکی مورد ارزیابی قرار گرفتند. مورفوتیپ‌هـای مـذکور از یـازده استان کشور کـه بـر اسـاس اقلیم بنـدی گوسـن (Sabeti, 1969) جـزو منـاطق گـرم و خشـک محسوب می‌شـوند، جمع‌آوری شـده بودنـد. بـا توجه به این کـه مـواد ژنتیکـی در بانـک ژن بـه صـورت تـوده بـوده و دارای مورفوتیـپ‌هـای مختلف هستند، این مواد ابتدا در مزرعـه کاشـته شدند و انتخاب مورفوتیپ هـا در آن‌هـا انجـام شد، سپس مورفوتیـپ‌هـا در اواسـط آبـان سـال زراعی ۸۷-۱۳۸۶، در دو آزمـایش جداگانـه در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیـه نهال و بذر واقع در کـرج کاشـته شـده و از نظـر تحمل به خشکی مورد ارزیابی قرار گرفتند. هـر دو آزمایش در قالـب طـرح آزمایشـی آگمنـت پیاده شدند. بدین منظور، مورفوتیـپ‌هـای مـورد مطالعه در خطوط یک متـری بـا فاصـله خطـوط ۶۰ سانتی‌متر، در هفت بلوک ۴۴ خطی بـه طـور دستی کاشته شدند و در هر بلوک سه رقم شاهد نصـرت، ریحـان و مـاکوئی پـس از هــر ده مورفوتیــپ، بــه طــور تصــادفی تکــرار شــد (Peighambari and Alipour, 2013). در آزمایش تنش خشکی، یک بار آبیـاری پـس از کشـت، جهـت اسـتقرار گیـاه انجـام شـد. در آزمایش مربوط به شرایط نرمال، آبیاری به طـور معمـول و درمجمـوع هفـت مرتبـه انجـام شـد. عملیات داشت شامل وجین علف‌های به صورت دستی انجام و هیچ‌گونه تیمار کودی و سمپاشـی اعمال نشد.

در پایان فصل زراعی نسبت به برداشت دانـه مواد گیاهی مورد آزمایش، اقدام شـد. عملکـرد دانه هر مورفوتیپ در واحد کرت (خطوط یـک متری)، برحسب گـرم در کـرت (شـامل Yp در شــرایط نرمــال و Ys در شــرایط خشــکی)، اندازه‌گیری شد. به منظـور پـی بـردن بـه وجـود تفاوت معنی‌دار بین بلوک‌هـای طـرح آگمنـت، تجزیـه واریـانس روی ارقـام شـاهد انجـام شـد. میانگین عملکرد کلیـه مورفوتیـپ‌هـا در محـیط واجد تـنش ($\bar{Y}_s$) و بـدون تـنش ($\bar{Y}_p$)، محاسـبه شد. شدت تنش با استفاده از رابطه (۱) به دسـت آمـد. مـواد ژنتیکـی مـورد آزمـایش بـر اسـاس عملکرد در شرایط نرمال و تنش خشـکی (Yp و Ys) و با استفاده از میانگین عملکرد تمـام آن‌هـا در محـیط واجـد تـنش ($\bar{Y}_s$) و نرمـال ($\bar{Y}_p$) در قالب گروه‌های چهارگانه مربوط به تقسیم بندی فرنانــدز، از یــک‌دیگــر تفکیــک شــدند. شـاخص تحمـل تـنش (Fernandez, 1992)، شــاخص حساســیت بــه تــنش (Fischer and Maurer, 1978)، شـاخص تحمـل (Rosielle and Hamblin, 1981)، شــاخص بهــره‌وری متوســط

(Rosielle and Hamblin, 1981) و شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (Kristin *et al.*, 1997)، محاسبه شدند. روابط بین شاخص‌های مذکور با استفاده از تجزیه همبستگی مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور کاهش ابعاد داده‌ها از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. مورفوتیپ‌های مورد بررسی با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش K means گروه‌بندی شدند. به منظور بررسی روابط بین منشاء مورفوتیپ‌ها، فاصله اقلیدسی بین آن‌ها محاسبه شد و با استفاده از ماتریس فاصله، نمودار مبتنی بر مقیاس‌بندی چند بعدی ترسیم شد.

(۱)

$$SI = 1 - \left(\frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p}\right)$$

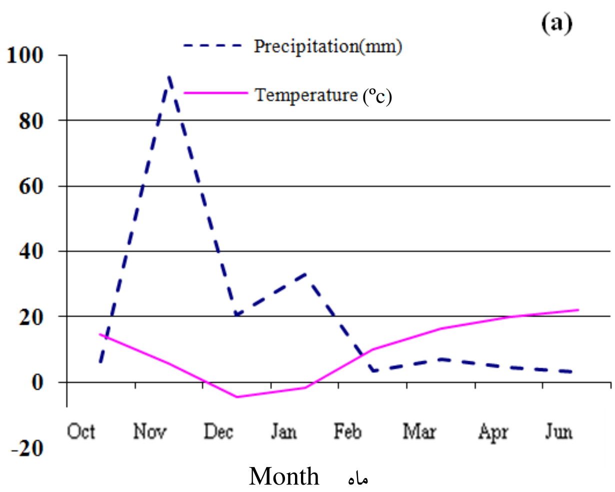
نتایج و بحث

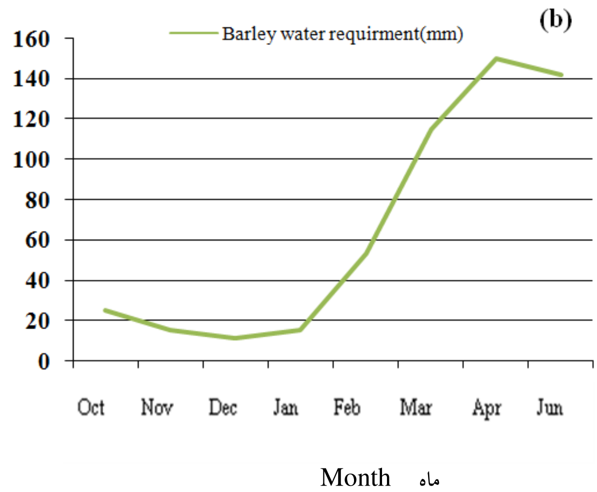
محل جمع‌آوری و اطلاعات اقلیمی مورفوتیپ‌های جو در جدول ۱ و روند تغییرات دما و بارندگی در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در کرج در شکل ۱ نشان داده شده‌اند.

جدول ۱- اطلاعات اقلیمی مربوط به محل جمع‌آوری ۲۷۷ مورفوتیپ جو زراعی بر اساس اقلیم‌بندی گوسن

Table 1. Climatic information of collecting sites of 277 morphotypes of barley based on Gousan climatic zones

Origin of collecting site and climate	محل جمع آوری و اقلیم آن	تعداد ژنوتیپ‌ها Number of genotypes
Desert (D)	**بیابانی**	**40**
Sistan and Baluchestan	سیستان و بلوچستان	19
Yazd	یزد	21
Severe Semi-Desert(SSD)	**نیمه بیابانی شدید**	**8**
Hormozgan	هرمزگان	8
Temperate Semi-Desert(TSD)	**نیمه بیابانی معتدل**	**192**
Kerman	کرمان	21
Boushehr	بوشهر	123
Isfahan	اصفهان	14
South Khorasan	خراسان جنوبی	22
Khuzestan	خوزستان	12
Hot and Dry Mediterranean (HDM)	**مدیترانه ای گرم و خشک**	**37**
Khorasan Razavi	خراسان رضوی	17
Fars	فارس	13
Lorestan	لرستان	3
Markazi	مرکزی	4





شکل ۱- روند تغییرات دما و بارندگی در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در کرج(a) و میزان نیاز آبی گیاه جو پاییزه در ماه های مختلف سال(b)

Fig. 1. Pattern of temperature and precipitation change in 2007-2008 cropping season in Karaj (a) and winter barley water requirement (b)

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به ارقام شاهد، تفاوت معنی‌داری را برای بلوک‌های طرح آگمنت، نشان نداد که بیانگر عدم لزوم به انجام تصحیح داده‌ها بود (Peighambari and Alipoor, 2014). مقایسه عملکرد دانه نشان داد که میزان شاخص شدت تنش (SI) در این آزمایش ۰/۵۹ بود که نشان داد در آزمایش قطع آبیاری تنش خشکی قابل قبولی اعمال شده است. مقدار عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی در مورفوتیپ‌های، ۷۰۲۲۷ از یزد، ۶۵۰۷/۲ از بوشهر و ۶۲۵۲/۱ از بوشهر به ترتیب با عملکرد دانه ۱۵۷/۶۵، ۱۳۷/۳۹ و ۱۲۶/۳۸ گرم در کرت بالاتر از سایر مورفوتیپ‌ها بود، در حالی که در شرایط آبیاری نرمال، مورفوتیپ‌های ۶۴۴۵ از بوشهر، ۴۸۲۲ از خراسان و ۴۶۹۳ از کرمان به ترتیب با تولید ۲۷۴/۳۱ گرم، ۲۷۲/۸۷ گرم و ۲۶۰/۲ گرم در کرت عملکرد بالاتری را تولید نمودند. مورفوتیپ ۷۰۲۲۷ (یزد) دارای بیشترین مقدار شاخص‌های GMP (۱۷۵/۳۹) و STI (۱/۵۰) بود و مورفوتیپ ۷۰۰۱۳ (کرمان) بیشترین مقدار شاخص MP (۱۷۶/۳۹) را به خود اختصاص داد. همچنین مورفوتیپ ۶۴۶۸ (بوشهر) دارای کمترین مقدار شاخص TOL (۲/۰۸) و SSI (۰/۰۳) بود که مطلوب محسوب می‌شود. در تحقیق کرمی و همکاران (Karami *et al.*, 2006) روی ۲۶ ژنوتیپ جو نیز، مقادیر MP، GMP وSTI شاخص مناسبی برای تمایز ژنوتیپ‌های پرمحصول و متحمل تر در شرایط تنش بود. در تحقیق ویسی مال امیری و همکاران (۲۰۱۰) ، براساس شاخص تحمل به تنش (STI)، ژنوتیپ‌های برتر از بین مواد

ژنتیکی مورد بررسی، معرفی شدند.

آماره‌های توصیفی برای عملکرد و شاخص‌های تحمل به تنش مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده است. از بین شاخص‌های مورد مطالعه، STI دارای بزرگترین ضریب تغییرات (۵۶/۵۶ درصد) بود که نشان می‌دهد بیشتر از شاخص‌های دیگر در تفکیک و تمایز ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مؤثر بوده است. مقدار ضریب تغییرات Yp و Ys نزدیک به هم بود (با کمی تفاوت در جهت بیشتر برای Ys) که نشان می‌دهد تنش خشکی به صورت ملایمی سبب افزایش تنوع در عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شده است.

جدول ۲- پارامترهای آمار توصیفی شاخص‌های تنش اندازه‌گیری شده درمورفوتیپ‌های جو
Table 2. Descriptive statistics parameters for stress indices in barley morphotypes

شاخص تنش Stress index	حداقل Min.	حداکثر Max.	میانگین Mean	انحراف معیار Standard error	درصد ضریب تغییرات C.V.(%)
Yp (g/ plot)	34.13	274.31	144.5	±46.36	32.08
Ys (g/ plot)	22.19	157.65	58.53	±21.81	37.28
MP	30.88	176.39	101.51	±27.99	27.57
TOL	2.08	225.88	85.99	±46.01	53.50
SSI	0.04	1.42	0.95	±0.32	33.25
GMP	30.70	175.39	89.95	±24.87	27.65
STI	0.05	1.50	0.43	±0.24	56.56

ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش در جدول ۳ ارائه شده است. بزرگترین ضریب همبستگی ($r=۰/۹۸^{**}$) بین شاخص‌های GMP و STI مشاهده شد که به دلیل اجزاء مشترک این دو شاخص است و نشان می‌دهد شاخص‌های مذکور ب اطور تقریبا مشابهی، مورفوتیپ‌های مورد بررسی را متمایز می‌نمایند. عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال (Yp) و تنش خشکی (Ys) ضرب همبستگی پائینی ($r=۰/۲۳^{**}$) داشتند. براین اساس می توان نتیجه گرفت که اغلب مورفوتیپ‌ها، تظاهر متفاوتی در شرایط نرمال و تنش خشکی داشتند، به عبارت دیگر مورفوتیپ‌های مطلوب در شرایط نرمال متفاوت از مورفوتیپ‌های دارای تظاهر برتر در شرایط تنش خشکی بودند. این نتیجه همچنان نشان می‌دهد که انجام گزینش در شرایط مطلوب منجر به تمایز مورفوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی نخواهد شد. به عبارت دیگر اعمال تنش خشکی و گزینش بر مبنای عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش لازم بوده است. عملکرد دانه در شرایط نرمال دارای بزرگترین ضریب همبستگی ($r=۰/۹۲^{**}$) با شاخص MP بود و با هیچ یک از شاخص‌های مورد بررسی همبستگی منفی نداشت. درحالی

جدول ۳- ضرایب همبستگی عملکرد بیولوژیکی در شرایط نرمال و تنش با شاخص های تنش با استفاده از روش پیرسون

Table 3. Correlation coefficients of biological yield in drought and normal conditions and stress indices using Pearson method

شاخص تحمل به تنش Stress index	Ys	MP	TOL	SSI	GMP	STI
Yp (g/ plot)	0.23**	0.92**	0.89**	0.55**	0.74**	0.71**
Ys (g/ plot)		0.59**	0.24**	0.60**	0.81**	0.82**
MP			0.64**	0.22**	0.94**	0.92**
TOL				0.83**	0.36**	0.33**
SSI					-0.05	-0.07
GMP						0.98**

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

**: Significant at 1% level of probability.

که عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی دارای بزرگترین ضریب همبستگی (r=۰/۸۲**) با شاخص STI بود و با شاخص‌های TOL و SSI همبستگی منفی داشت. در این حالت، شاخصی که ب اطور مشترک با عملکرد دانه در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی دارای همبستگی بالایی باشد، به عنوان شاخص مناسب انتخاب می‌شود (Fernandez, 1992). براین اساس می‌توان گفت شاخص‌های GMP و STI برای تمایز مورفوتیپ‌های متحمل به خشکی در این تحقیق نسبت به سایر شاخص‌ها مناسب‌تر بودند. تحقیقاتی قبلی (Dolatpanah *et al.*, 2013؛ Abiri *et al.*, 2012؛ Karami *et al.*, 2006) نیز نشان داده است که MP، GMP و STI، مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال کردن ژنوتیپ‌های جو می‌باشند و در برخی مطالعات دیگر (Shahmoradi and Zahravi, 2014؛ Wayssi Mallamiri *et al.*, 2010)، شاخص STI بهترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در گیاه جو شناخته شد. نتایج تجزیه همبستگی روی دوازده ژنوتیپ اصلاح‌شده جو (Vaezi and Ahmadikhah, 2010) نشان داد که عملکرد در شرایط آبی با عملکرد در شرایط دیم، همبستگی داشت که بیانگر مفید بودن انجام گزینش برای عملکرد در شرایط مساعد (YP) و تأثیر مثبت آن بر عملکرد در شرایط تنش (YS) بود و از این نظر با نتایج تحقیق حاضر مغایرت دارد. نتایج تحقیق آن‌ها همچنین نشان داد که شاخص‌های MP، STI، GMP و HAR در هر دو شرایط آبی و دیم با عملکرد همبستگی معنی‌داری داشتند و استفاده از چهار شاخص مذکور می‌تواند برای ارزیابی تحمل خشکی مفیدتر باشد.

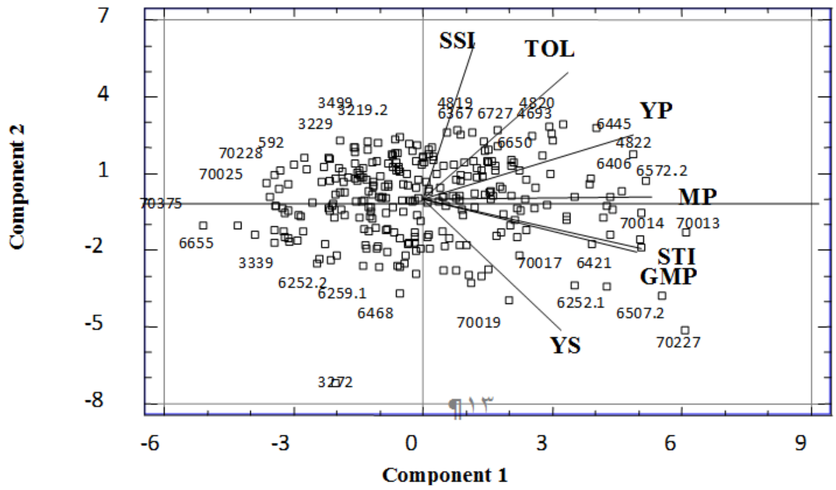
نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که دو مؤلفه اول ۹۸/۱ درصد از کل تغییرات را توجیه کردند (جدول ۴). در مؤلفه اصلی اول شاخص‌های MP، GMP، STI، YS و Yp

جدول ۴- مقادیر ویژه، واریانس تجمعی و ضرایب شاخص‌های تنش در مورفوتیپ‌های جو در شرایط تنش خشکی
Table 4. Eigen values, cumulative variance and coefficients of stress indices in barley morphotypes under drought condition

Stress index	Yp	Ys	MP	TOL	SSI	GMP	STI	Eigen values	Cumulative variance (%)
PC 1	0.99	0.95	0.93	0.92	0.63	0.60	0.23	4.4	62.97
PC 2	0.01	-0.30	-0.33	0.29	0.77	-0.80	0.94	2.5	98.10

دارای بزرگترین ضرایب بودند. لذا مقادیر عددی بزرگ‌تر از نظر این مؤلفه اصلی مورفوتیپ‌های دارای عملکرد دانه بالادر شرایط نرمال و در عین حال، متحمل به تنش خشکی را متمایز می‌کند. مورفوتیپ‌های ۷۰۰۱۳ (کرمان)، ۷۰۲۲۷ (یزد)، ۶۵۰۷/۲ (بوشهر)، ۶۵۷۲/۲ (خراسان)، ۶۶۵۲/۲ (خوزستان)، ۷۰۰۱۴ (کرمان)، ۶۴۲۱ (خراسان) و ۴۸۲۲ (خراسان) دارای بیشترین مقدار عددی برای مؤلفه اول بودند. در مؤلفه دوم شاخص‌های SSI و TOL دارای بزرگترین ضریب مثبت و Ys دارای بزرگترین ضریب منفی بود. لذا مؤلفه دوم بیانگر حساسیت به تنش خشکی است و مقادیر عددی کوچک‌تر در این مؤلفه، مورفوتیپ‌های دارای حساسیت کمتر را نشان می‌دهد. مورفوتیپ‌های ۳۲۷۲ (یزد)، ۷۰۲۲۷ (یزد)، ۷۰۰۱۹ (سیستان و بلوچستان)، ۶۵۰۷/۲ (بوشهر)، ۶۴۶۸ (بوشهر)، ۶۲۵۲/۱ (بوشهر)، ۷۰۰۱۷ (سیستان و بلوچستان) و ۷۰۰۲۰ (سیستان و بلوچستان) دارای کمترین مقدار از نظر این مؤلفه بودند. در نمودار بای‌پلات دو مؤلفه اصلی اول، بردارهای مربوط به شاخص‌های STI و GMP مابین دو بردار Yp و Ys و با اندکی تمایل به سمت بردار Ys قرار گرفتند که نشان‌دهنده مناسب بودن آن‌ها برای گزینش مورفوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی است و با نتایج تجزیه همبستگی در تطابق می‌باشد (شکل ۲). بردارهای STI، GMP، MP، Yp و Ys در جهت مثبت از محور مؤلفه اول قرار داشتند که نشان می‌دهد مقدار عددی بزرگتر در مؤلفه اول، مورفوتیپ‌های متحمل‌تر را متمایز می‌کند. همچنین بردارهای STI، GMP و Ys در جهت منفی از مؤلفه دوم قرار گرفتند، در حالی که بردارهای TOL و SSI در جهت مثبت از مؤلفه دوم و با نزدیک‌ترین فاصله با آن بودند. بنابراین مقادیر مثبت در مؤلفه دوم، مورفوتیپ‌های دارای حساسیت بیشتر را متمایز می‌نماید. در تحقیق عبیری و همکاران (Abiri *et al.,* 2012) نیز تجزیه به مولفه‌های اصلی، ژنوتیپ‌های با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به خشکی را در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین بهره‌وری هندسی (GMP) و شاخص تحمل تنش (STI) قرار داد.

مورفوتیپ‌های مورد مطالعه در گروه‌های چهارگانه براساس تقسیم‌بندی فرنانـدز (Fernandez, 1992) متمایز شدند. تعداد



شکل ۲- پراکنش مورفوتیپ‌های بومی جو زراعی در نمودار بای پلات مولفه‌های اصلی مبتنی بر شاخص‌های تحمل به تنش در ارزیابی برای تحمل به خشکی (STI: شاخص تحمل تنش؛ GMP: میانگین هندسی عملکرد؛ YS: عملکرد در تنش؛ YP:عملکرد پتانسیل؛ TOL: تحمل؛ SSI: حساسیت به تنش)

Fig. 2. Distribution of barley morphotypes on principal components bi-plot for stress indices in drought stress condition (STI :stress tolerance index; GMP: geometric mean productivity; YS: stress yield; YP: potential yield; TOL: tolerance; SSI: stress susceptibility index)

۵۹ مورفوتیپ در گروه A قرار گرفتند (جدول ۵). این گروه مربوط به مورفوتیپ‌های دارای عملکرد دانه بیشتر در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی بود و طبق تعریف فرنانذز به عنوان مورفوتیپ مطلوب به شمار می‌روند. از بین مورفوتیپ‌های این گروه، ۷۰۲۲۷ (یزد)، ۶۵۰۷/۲ (بوشهر)، ۷۰۰۱۳ (کرمان)، ۶۶۵۲/۲ (خوزستان)، ۶۴۲۱ (خراسان)، ۶۲۵۲/۱(بوشهر)، ۷۰۰۱۴ (کرمان)، ۶۴۳۶ (بوشهر) و ۷۰۰۱۷ (سیستان و بلوچستان) دارای بزرگ‌ترین مقدار شاخص STI بودند و لذا به عنوان مورفوتیپ‌های برتر در این تحقیق شناسایی شدند. همچنین تمام مورفوتیپ‌های دارای مقدار عددی بزرگ‌تر براساس مؤلفه اصلی اول، در این گروه قرار گرفتند. به علاوه، از بین مورفوتیپ‌های برتر براساس مؤلفه اصلی دوم، مورفوتیپ‌های ۷۰۲۲۷، ۶۵۰۷/۲، ۶۲۵۲/۱ و ۷۰۰۱۷ در این گروه واقع شدند. لذا نتایج دو روش تجزیه با یک‌دیگر در تطابق است. در ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های جو زراعی بومی ایران در برابر تنش خشکی و بررسی صفات مرتبط با تحمل تنش (Shahmoradi and Zahravi, 2014)، با توجه به شاخص STI، مورفوتیپ‌های ۶۷۱۱، ۶۶۵۲/۲ و ۶۴۳۶ به ترتیب پرمحصول‌ترین مورفوتیپ‌ها در وضعیت نرمال و تنش خشکی شناسایی

جدول ۵- اطلاعات مربوط به محل جمع‌آوری ۵۹ مورفوتیپ جو زراعی قرار گرفته در گروه A

Table 5. Collecting sites information for 59 morphotypes of barley in group A

شماره No.	KC/TN*	استان Province	شهر City	شماره No.	KC/TN*	استان Province	شهر City
1	070001	Kerman	Jiroft	31	6252.1	Boushehr	Genaveh
2	070012	Kerman	Jiroft	32	6371	Boushehr	Genaveh
3	070013	Kerman	Bam	33	6373	Boushehr	Genaveh
4	070014	Kerman	Bam	34	6378.2	Boushehr	Genaveh
5	070015	Kerman	Bam	35	6395	Khuzestan	Ramhormoz
6	070017	Sistan B	Saravan	36	6396	Khuzestan	Behbahan
7	070018	Sistan B	Saravan	37	6406	Khuzestan	Behbahan
8	070027	Sistan B	Zabol	38	6421	Khorasan	Birjand
9	070030	Markazi	Qum	39	6435	Boushehr	Genaveh
10	070150	Markazi	Tafresh	40	6436	Boushehr	Genaveh
11	070226	Yazd	Taft	41	6440	Boushehr	Genaveh
12	070227	Yazd	Taft	42	6443	Boushehr	Genaveh
13	070229	Isfahan		43	6455	Boushehr	Genaveh
14	070230	Isfahan	Khomeinishahr	44	6484.2	Boushehr	Genaveh
15	070360	Sistan B	Saravan	45	6495.2	Boushehr	Genaveh
16	070371	Yazd	Yazd	46	6498	Boushehr	Genaveh
17	070503	Kerman	Sirjan	47	6499	Boushehr	Genaveh
18	3217	Khorasan	Taibad	48	6500	Boushehr	Kangan
19	3272	Yazd	Taft	49	6502	Boushehr	Genaveh
20	3405.1	Fars	Fasa	50	6504	Boushehr	Genaveh
21	3405.2	Fars	Fasa	51	6505	Boushehr	Genaveh
22	3476	Kerman	Kahnouj	52	6506	Boushehr	Genaveh
23	3493	Khorasan	Tabas	53	6507.2	Boushehr	Genaveh
24	4822	Khorasan	Birjand	54	6511	Boushehr	Kangan
25	6104	Yazd		55	6572.2	Khorasan	Sabzehvar
26	6107	Isfahan		56	6573	Khorasan	Sabzehvar
27	6235	Boushehr	Genaveh	57	6652.2	Khozestan	Ramhormoz
28	6236	Boushehr	Genaveh	58	6661	Khorasan	Birjand
29	6239	Boushehr	Genaveh	59	6711	Markazi	Qum
30	6244	Boushehr	Genaveh				

KC: Karaj code ,TN: Temporary number in National Plant Gene Bank of Iran*

شدند. همان طور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، این مورفوتیپ‌ها در این تحقیق نیز در میان مورفوتیپ‌های متحمل قرار داشتند.

گروه B شامل مورفوتیپ‌های دارای عملکرد دانه بالا در شرایط نرمال و عملکرد دانه پائین در شرایط تنش خشکی بود. تعداد ۶۶ مورفوتیپ به همراه ارقام شاهد ریحان و نصرت در این گروه قرار گرفتند. مورفوتیپ‌های ۶۴۴۵ (بوشهر)، ۴۶۹۳ (کرمان)، ۴۸۲۰ (خراسان)، ۴۸۱۱ (خراسان) و ۶۲۳۰/۲ (بوشهر) دارای بیشترین عملکرد دانه برای شرایط نرمال در این گروه بودند، لذا این مورفوتیپ‌ها با پتانسیل عملکرد بالا، فقط برای کشت در شرایط آبی مطلوب، مناسب هستند. تعداد ۵۸ مورفوتیپ در گروه C قرار گرفتند. این گروه به مورفوتیپ‌هایی اختصاص داشت که در شرایط آبیاری نرمال عملکرد مطلوبی داشتند و فقط به شرایط تنش خشکی سازگاری داشتند.

مورفوتیپ‌های ۷۰۰۱۹ (سیستان و بلوچستان)، ۳۲۷۲ (یزد)، ۷۰۰۲۰ (سیستان و بلوچستان)، ۶۷۸۵ (کرمان)، ۶۲۳۴ (بوشهر) و ۶۴۶۹ (بوشهر) دارای بیشترین عملکرد دانه برای شرایط تنش خشکی در گروه C بودند. از بین مورفوتیپ‌های برتر از نظر مؤلفه اصلی دوم، مورفوتیپ‌های ۳۲۷۲، ۷۰۰۱۹، ۶۴۶۸ و ۷۰۰۲۰ به این گروه تعلق داشتند. گروه D مشتمل بر مورفوتیپ‌های با عملکرد دانه پائین، در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی بود. تعداد ۹۴ مورفوتیپ به همراه رقم شاهد ماکوئی در این گروه قرار گرفتند و لذا فاقد پتانسیل عملکرد بالا و همچنین فاقد تحمل به تنش خشکی بودند.

مورفوتیپ‌های مورد بررسی با استفاده از تجزیه خوشه‌ای در هفت خوشه واقع شدند (جدول ۶). خوشه اول، مشتمل بر ۳۲ مورفوتیپ به همراه رقم نصرت، دارای بیشترین مقدار متوسط شاخص MP بود. در خوشه دوم (مشتمل بر ۷۰ مورفوتیپ به همراه رقم ریحان)، مقادیر عملکرد دانه در دو شرایط نرمال و تنش و شاخصهای تحمل به تنش، در حد متوسط بود. خوشه سوم تعداد ۲۱ مورفوتیپ را در بر می‌گرفت و دارای بزرگترین مقدار متوسط برای Yp، TOL و SSI بود. خوشه چهارم تعداد ۳۴ مورفوتیپ را شامل می‌شد و دارای کمترین مقدار متوسط Yp، MP، TOL، GMP و STI بود. این نتایج نشان می‌دهد که مورفوتیپ‌های این خوشه نسبت به خشکی حساس هستند و پائین بودن متوسط TOL در این خوشه ناشی از تحمل بیشتر نیست بلکه به این دلیل است که پتانسیل عملکرد بالایی نداشته‌اند و لذا تفاوت عملکرد دانه آنها در شرایط نرمال و تنش کوچک شده است. خوشه پنجم تعداد ۱۷ مورفوتیپ را شامل می‌شد و دارای بیشترین مقدار متوسط Ys، GMP و STI بود و لذا به عنوان متحمل‌ترین خوشه قابل شناسایی است. خوشه ششم با تعداد ۳۹ مورفوتیپ دارای کمترین مقدار متوسط SSI و خوشه هفتم با تعداد ۶۴ مورفوتیپ دارای کمترین مقدار متوسط Ys بود و رقم شاهد ماکوئی در این خوشه قرار گرفت. خوشه ششم و هفتم دارای کمترین فاصله و خوشه سوم و چهارم دارای بیشترین فاصله از یک‌دیگر بودند (جدول ۷). همچنین خوشه سوم بیشترین فاصله را از خوشه‌های دیگر داشت و بدین لحاظ از آن‌ها متمایز بود. از بین ۵۹ مورفوتیپ در گروه A مربوط به تقسم‌بندی فرناندز (Fernandez, 1992)، تعداد ۲۷ مورفوتیپ در خوشه اول، ۱۸ مورفوتیپ در خوشه دوم و سه مورفوتیپ در خوشه سوم و ۱۱ مورفوتیپ در خوشه پنجم قرار گرفتند، بنابراین انجام تجزیه خوشه‌ای، تفکیک و تمایز بیشتری در داخل گروه‌های تشکیل شده مبتنی بر تقسم‌بندی فرنانذز (Fernandez, 1992) را میسر ساخته است. تجزیه خوشه‌ای ۱۹ اکوتیپ جو وحشی *Hordeum spontaneum* به همراه رقم جو زراعی نصرت در شرایط تنش خشکی، (Shahmoradi *et al.,* 2014)، اکوتیپ‌های

جدول ۶- گروه‌های تفکیک یافته در تجزیه خوشه‌ای به روش K means در ارزیابی ژرم‌پلاسم بومی جو زراعی در شرایط خشکی

Table 6. Differentiated groups based on K- means cluster analysis, in barley gemplasm assessed for drought tolerance

	Cluster						
Stress index	1	2	3	4	5	6	7
Yp(g/ plot)	206.91	76.7	141.81	130.31	1.07	125.32	0.78
Ys(g/ plot)	160.54	50.09	105.32	110.45	1.17	88.95	0.39
MP	226.74	47.89	137.31	178.85	1.34	103.71	0.54
TOL	73.88	46.16	60.02	27.72	0.62	57.85	0.17
SSI	161.82	103.5	132.66	58.31	0.61	128.89	0.83
GMP	113.69	79.43	96.56	34.25	0.48	94.53	0.44
STI	118.74	44.3	81.52	74.44	1.06	71.93	0.26
Number of genotypes	32	70	21	34	17	39	64

جدول ۷- فاصله اقلیدسی گروه‌های تفکیک یافته در تجزیه خوشه‌ای به روش K means در ارزیابی ژرم‌پلاسم بومی جو زراعی در شرایط خشکی

Table 7. Euclidean distance of groups based on K- means cluster analysis, in barley germplasm assessed for drought tolerance

Cluster	2	3	4	5	6	7
1	76.84	63.84	200.94	89.54	144.57	135.72
2		103.53	131.87	88.97	94.71	62.72
3			233.00	149.98	190.86	163.41
4				149.27	73.59	69.71
5					77.19	107.15
6						60.1

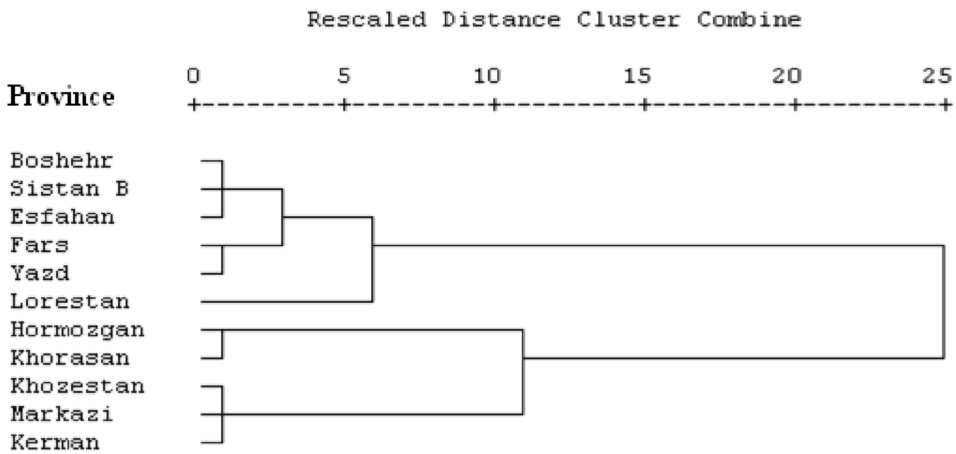
مورد بررسی را به سه گروه تقسیم کرد، گروه اول شامل اکوتیپ‌های حساس، گروه دوم شامل اکوتیپ‌های نیمه‌متحمل و گروه سوم اکوتیپ‌های متحمل نسبت به تنش خشکی بودند.

به منظور بررسی روابط بین منشاء مورفوتیپ‌های مورد بررسی، فاصله اقلیدسی بین آن‌ها محاسبه شد (جدول ۸). نتایج نشان داد که مورفوتیپ‌های سیستان و بلوچستان و بوشهر دارای کمترین (۶/۹۲) و مورفوتیپ‌های خوزستان و لرستان دارای بیشترین فاصله ژنتیکی (۷۹/۳۳) بودند. تجزیه خوشه‌ای، منشاء مورفوتیپ‌های مورد بررسی را در دو گروه از یک‌دیگر متمایز کرد (شکل ۳) به طوری که استان‌های بوشهر، سیستان و بلوچستان، اصفهان، فارس و یزد در یک گروه و استان‌های هرمزگان، خراسان، خوزستان، مرکزی و کرمان در گروه دیگر واقع شدند. به منظور ارائه تصویر بهتری از روابط بین منشاء مورفوتیپ‌های مورد مطالعه از روش مقیاس‌بندی چندبعدی استفاده شد (شکل ۴). همانطور که در نمودار بای‌پلات مشخص است، استان‌های لرستان، فارس، هرمزگان، خوزستان و مرکزی در اطراف نمودار و دورتر از سایر استان‌ها واقع شدند.

جدول ۸- فاصله اقلیدسی بین منشاء مورفوتیپ‌های بومی جو زراعی در ارزیابی برای تحمل به خشکی

Table 8. Euclidean distance of origin provinces, in barley mprphotypes assessed for drought tolerance

Origin provunce	Isfehan	Fars	Hormozgan	Kerman	Khorasan	Khozestan	Lorestan	Markazi	Yazd	Sistan and Baluchestan
Boushehr	7.71	25.37	35.45	22.72	19.84	39.09	40.81	35.82	13.85	6.92
Isfahan		24.50	28.63	23.74	12.42	39.77	43.30	38.62	16.94	10.64
Fars			46.65	47.55	30.97	63.87	22.39	61.15	14.08	18.94
Hormozgan				32.68	16.77	40.47	68.58	46.79	44.60	39.08
Kerman					16.68	16.39	63.20	15.88	36.5	29.64
Khorasan						40.25	52.31	42.52	27.84	22.51
Khuzestan							79.33	11.27	52.82	46.00
Lorestan								73.99	27.04	34.05
Markazi									48.69	42.42
Yazd										7.02

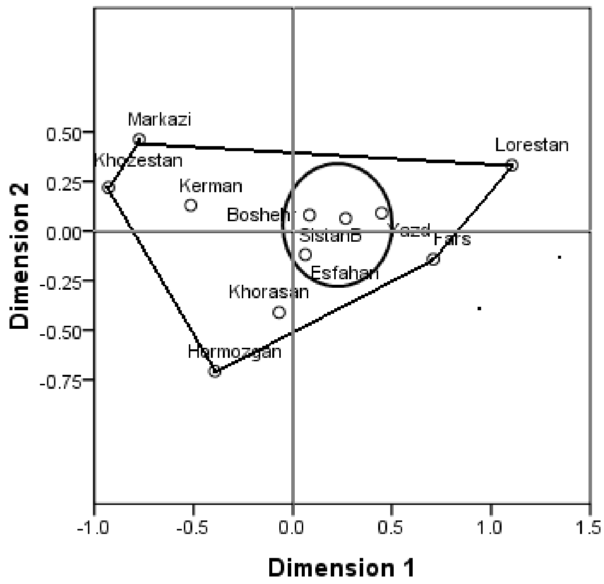


شکل ۳- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای منشاء مورفوتیپ‌های بومی جو زراعی بر اساس تحمل به خشکی آن‌ها

Fig. 3. Cluster analysis dendrogram of morphotypes origins based on their drought stress tolerance

همچنین بوشهر و اصفهان در نزدیکی مرکز نمودار قرار داشتند. نکته جالب توجه در این نمودار، قرار گرفتن استان‌های یزد، سیستان و بلوچستان و اصفهان در مجاورت یک‌دیگر بود که با نزدیکی جغرافیایی آن‌ها در تطابق است.

نتایج این تحقیق در مجموع نشان‌دهنده وجود منابع غنی تحمل به تنش خشکی در ژرم‌پلاسم بومی جو بود به طوری که تعداد ۱۳۹ مورفوتیپ از ۲۷۷ مورفوتیپ مورد بررسی (حدود ۴۸ درصد)، در شرایط تنش خشکی عملکرد دانه بالاتری نسبت به رقم شاهد برتر (نصرت) داشتند. به عبارت دیگر حدود نیمی از



شکل ۴- پراکنش منشاء مورفوتیپ‌های بومی جو زراعی براساس مقیاس‌بندی چندبعدی بر اساس تحمل به خشکی آن‌ها

Fig. 4. Distribution of barley genotypes origin based on multidimensional scaling of drought stress tolerance

ژرم‌پلاسم با منشاء اقلیم گرم و خشک، دارای پتانسیل تحمل به شرایط خشکی بودند. این نتایج در تطابق با تحقیقات چکارلی و همکاران (Ceccarelli *et al.*, 1998) است که نشان دادند استفاده از ژرم‌پلاسم بومی، مؤثرترین روش بهبود عملکرد جو برای کشت در مناطق خشک است. همچنین نتایج این تحقیق نظرات هارلن (Harlan, 1976) و گراندو و چکارلی (Grando and Ceccarelli, 1995) مبنی بر این که در نواحی با شرایط سخت محیطی، ایجاد ارقام سازگار باید از طریق ارزیابی مورفوتیپ‌های محلی صورت انجام شود را تأیید می‌کند. یکی از مواردی که ممکن است در آزمایش‌های ارزیابی برای تحمل تنش باعث ایجاد اشتباه در نتایج شود، عدم اعمال تنش به اندازه کافی است. شاخص شدت تنش (SI) و میزان بارندگی در تنش خشکی می‌توانند به عنوان شاهدی برای کنترل این موضوع باشد. در این تحقیق میزان شدت تنش ۰/۵۹ برآورد شد که تنش شدیدی محسوب می‌شود، بدین دلیل که این میزان از شدت تنش نشان می‌دهد که عملکرد دانه مورفوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی به طور متوسط به اندازه بیش از نصف، در مقایسه با شرایط نرمال، کاهش یافته است. البته باید توجه داشت که در محاسبه شدت تنش، وجود تعداد زیادی از مورفوتیپ‌های حساس در مجموعه مواد ژنتیکی مورد ارزیابی، ممکن است برآورد میزان شدت تنش را اریب

نماید و آن را بیش از مقدار واقعی نشان دهد. این مورد را نیز می‌توان با انجام مقایسه عملکرد دانه ارقام شاهد در دو شرایط نرمال و تنش کنترل کرد. در این تحقیق، عملکرد دانه رقم شاهد برتر نصرت در شرایط تنش خشکی به میزان ۷۲ درصد کاهش یافته بود (۵۴/۰۷ گرم در پلات در شرایط تنش خشکی در مقایسه با ۱۹۴/۵۸ گرم در پلات در شرایط نرمال)، که حتی بیش از میزان متوسط شدت تنش برآورد شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که شدت تنش اعمال شده در این تحقیق کافی بوده و نتایج به دست آمده قابل اطمینان هستند. نکته دیگر که در اغلب تحقیقات مربوط به شاخص‌های تحمل به تنش مورد توجه قرار نمی‌گیرد میزان تنوع شاخص‌های ارزیابی شده در جمعیت مورد مطالعه است. بدیهی است که هرچه میزان تنوع یک شاخص در یک جامعه بیشتر باشد، آن شاخص در تفکیک و تمایز افراد آن جامعه مؤثرتر خواهد بود. البته ضریب همبستگی شاخص‌ها با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش که برای انتخاب شاخص برتر مد نظر قرار می‌گیرد، به طور غیر مستقیم این موضوع را لحاظ می‌کند، ولی برای این که بتوان تصویر واضح‌تری از توانایی ایجاد تمایز بین مورفوتیپ‌ها، توسط شاخص‌های مورد ارزیابی به دست آورد، بهتر است از آماره‌های پراکندگی استفاده کرد. این آماره‌ها به ما کمک خواهند کرد که درصورت وجود چند شاخص با همبستگی بالا با عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش، یکی از آن‌ها را بر اساس میزان تنوع بیشتر، انتخاب کرد. در این تحقیق از آماره ضریب تغییرات (CV) استفاده شد و برمبنای آن شاخص STI دارای بیشترین میزان تنوع بود. از آن‌جا که این آماره (CV) فارغ از واحد اندازه‌گیری می‌باشد، معمولاً در ارزیابی تنوع، نسبت به سایر آماره‌های پراکندگی (مانند انحراف معیار) ترجیح داده می‌شود، زیرا می‌توان میزان تنوع صفاتی را که از نظر واحد اندازه‌گیری متفاوت هستند را توسط آن مورد مقایسه قرار داد. از آن‌جا که شاخص‌های تحمل، همگی بر مبنای یک صفت (عملکرد دانه) محاسبه می‌شوند، همگی دارای یک واحد اندازه‌گیری (و یا بدون واحد اندازه‌گیری) هستند. لذا چنین ارجحیتی در این مورد وجود ندارد.

مورفوتیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق شامل مورفوتیپ‌های بومی اقلیم گرم و خشک کشور بودند، اغلب آن‌ها تحمل بالایی نسبت به تنش خشکی نشان دادند، ولی درمجموع نتایج تحقیق نشان‌دهنده وجود تنوع بالا در تحمل نسبت به تنش خشکی در میان ژرم‌پلاسم جو بومی مناطق گرم و خشک ایران بود. پیشنهاد می‌شود از مورفوتیپ‌های برتر شناسایی شده در این تحقیق به عنوان والدین تلاقی، در برنامه‌های به‌نژادی جو استفاده شود. همچنین این مورفوتیپ‌ها را می‌توان در مطالعات ژنتیکی و فیزیولوژیکی مربوط به نحوه توارث و سازوکار تحمل به تنش خشکی مورد بررسی

قرار داد.

سپاسگزاری

از مساعدت کلیه مسئولین و همکاران بخش تحقیقات ژنتیک و ذخایر توارثی مؤسسه در انجام این پروژه، به ویژه آقای محمد آقا علیخانی تشکر و قدردانی شود.

References

Abiri, R., Zebarjadi, A., Ghobadi, M., Kafashi, A. K., and Atabaki, N. 2012. Determination of advanced drought tolerant and breeder lines in *Hordeum vulgare* L. under Kermanshsh conditions. Iranian Journal of Field Crop Sciences 43(1): 175-188 (in Persian).

Anonymous 2012-2013. Agricultural Statistics. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran (in Persian).

Belaid, A., and Morris, M.L. 1991. Wheat and Barley Production in Rainfed Marginal Environments of West Asia and North Africa. Problems and Prospects. CIMMYT Economics Working Paper, 91/02, Mexico, D. F., Mexico.

Bothmer, R., von Jacobsen, N., Baden, C., Jorgensen, R. B., and Linde-Laursen, I. 1995. An ecogeographical study of the genus Hordeum. Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools, 2nd ed. IPGRI, Rome, Italy. 129 pp.

Ceccarelli, S., Grando, S., and Impiglia, A. 1998. Choice of selection strategy in breeding barley for stress environments. Euphytica 103: 307-318.

Dolatpanah, T., Roustaii, M., Ahakpaz, F., and Mohebalipour, N. 2013. Effect of drought stress on grain yield and yield components of winter and facultative barley genotypes in Maragheh region. Seed and Plant Improvement Journal 29-1 (2): 257-275 (in Persian).

El Madidi, S., Diani, Z., and Aameur, F. B. 2005. Variation of agro-morphological characters in Moroccan barley landraces under near optimal and drought conditions. Genetic Resources and Crop Evolution 52: 831–838.

Fernandez, G. C. 1992. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. pp. 257-270. In: Kuo, C. G. (ed.), Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. AVRDC Publication, Tainan, Taiwan.

Fischer, R. A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. Australian Journal of Agricultural Research 29: 897-912.

Grando, S., and Ceccarelli, S. 1995. Seminal root morphology and coleoptile length in wild (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*) and cultivated (*Hordeum vulgare* ssp. vulgare) barley. Euphytica 86(1): 73–80.

Harlan, J. R. 1976. Genetic resources of wild relatives of crops. Crop Science 16: 329–333.

Karami, E., Ghannadha, M. R., Naghavi, M. R., and Mardi, M. 2006. Identification of drought tolerant genotypes in barley. Iranian Journal of Agricultural Sciences 37: 371-380 (in Persian).

Kristin, A. S., Serna, R. A., Perez, F. I., Enriquez, B. C., Gallegos, J. A. A., Vallejo., P. R., Wassimi, N., and Kelley, J. D. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Science 27: 43-50.

Li, C., Zhang, G., and Lance, R. 2007. Recent advances in breeding barley for drought and saline stress tolerance. pp. 603-626. In: Jenks, M. A., Hasegawa, P. M., and Mohan Jain, S. (eds.), Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops. Springer, The Netherlands.

Peighambari A., and Alipoor, H. 2014. Complementary Experimental Designs. Tehran University Publications, Tehran, Iran. 410 pp. (in Persian).

Rosielle, A. A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non - stress enviroments. Crop Science 21: 943 - 946.

Sabeti, H. A. 1969. Evaluation of Bioclimates of Iran. Tehran University Publications, Tehran, Iran (in Persian).

Shahmoradi, Sh., Chaichi, M. R., Mozafari, J., Mazaheri D., and Sharifzadeh, F. 2015. Evaluation of some drought adaptation traits in *Hordeum spontaneum* L. ecotypes from different climatic conditions of Iran. Seed and Plant Improvement Journal 31-1: 1-24 (in Persian).

Shahmoradi, Sh., Shafaoddin, S., and Yousefi, A. 2011. Phenotypic diversity in barley ecotypes of arid- zone of Iran. Seed and Plant Improvement Journal 27-1 (4): 495-515 (in Persian).

Shahmoradi, Sh., and Zahravi, M. 2014. Identification of traits related to drought tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes originated from arid climates of Iran. Journal of Crop Improvement 16 (1): 23-41(in Persian).

Soleimani, A., Valizadeh, M., Darvishzadeh, R., Hatami Maleki, H., Aharizad, S., and Poor Yamchi, H. 2012. Screening of drought tolerant cultivars in spring barley. Pajouhesh & Sazandegi 104: 18-25 (in Persian).

Vaezi, B., and Ahmadikhah, A. 2010. Evaluation of drought tolerance of twelve improved barley genotypes in dry and warm condition. Journal of Plant Production 17(1): 23-44 (in Persian).

Wayssi Mallamiri, I., Haghparast, R., Farshadfar, E., and Rajabi, R. 2010. Evaluation of drought tolerance of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes using physiological characteristics and drought Tolerance Indices. Seed and Plant Improvement Journal 26-1 (1): 43-60 (in Persian).